



⑬ Inhaber:

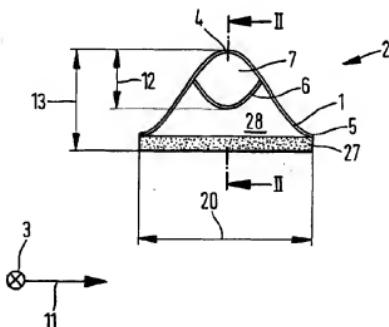
Emitec Gesellschaft für Emissionstechnologie
mbH, 53797 Lohmar, DE

⑭ Vertreter:

Kahlhöfer-Neumann-Heilein, Patentanwälte, 40210
Düsseldorf

⑮ Offener Filterkörper mit verbesserten Strömungseigenschaften

Filterkörper (25) zur Reinigung von Abgasen einer Verbrennungskraftmaschine (26) umfassend mindestens eine Filterlage (27) und mindestens eine Folie (1), welche so angeordnet sind, dass für das Abgas durchströmbar Kanäle (28) gebildet sind, wobei die Folie (1) mit einer Struktur (2) versehen ist, die eine Strukturhöhe (13) und sich zumindest teilweise in eine axiale Richtung (3) erstreckende Erhebungen (4) und Senken (5) hat, und die Folie (1) weiter eine Mehrzahl Schaufeln (6) mit einer Schaufelhöhne (12) aufweist, welche jeweils einen Durchlass (7) mit einem Schaufeleintritt (8) und einem Schaufelaustritt (9) bilden, wobei der Schaufeleintritt (8) und der Schaufelaustritt (9) in einem Winkel (10) zueinander angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufelhöhe (12) zwischen 100% und 60% der Strukturhöhe (13) beträgt, wobei eine Strömungsfreiheit von mindestens 20% gewährleistet ist.



Offener Filterkörper mit verbesserten Strömungseigenschaften

5 Die Erfindung bezieht sich auf einen hitzebeständigen, regenerierbaren Filterkörper zur Reinigung von Abgasen einer Verbrennungskraftmaschine, der mindestens eine Filterlage und mindestens eine Folie umfasst, die so angeordnet sind, dass für das Abgas durchströmmbare Kanäle gebildet sind. Die Folie ist dabei mit einer Struktur versehen, die eine Strukturhöhe und sich zumindest teilweise in
10 eine axiale Richtung erstreckende Erhebungen und Senkungen hat. Weiter weist die Folie eine Mehrzahl Schaufeln mit einer Schaufelhöhe auf, welche jeweils einen Durchlass mit einem Schaufeleintritt und einem Schaufelaustritt bilden, wobei der Schaufeleintritt und der Schaufelaustritt in einem Winkel zueinander angeordnet sind. Derartige Filterkörper werden insbesondere in Abgassystemen
15 mobiler Verbrennungskraftmaschinen im Automobilbau eingesetzt.

Betrachtet man die Neuzulassungen in Deutschland, so stellt man fest, dass im Jahr 2000 rund ein Drittel aller neu zugelassenen Fahrzeuge Dieselmotoren aufweisen. Dabei ist dieser Anteil traditionsgemäß deutlich höher als beispielsweise
20 in den Ländern Frankreich und Österreich. Dieses gesteigerte Interesse an Diesel-Kraftfahrzeugen hat beispielsweise seinen Ursprung in dem relativ geringen Kraftstoffverbrauch, den derzeit relativ niedrigen Diesel-Kraftstoff-Preisen, aber auch in den verbesserten Fahreigenschaften derartiger Fahrzeuge. Auch unter umweltspezifischen Gesichtspunkten ist ein Dieselfahrzeug sehr reizvoll, da dieses gegenüber Benzin-angetriebenen Fahrzeugen eine deutlich reduzierte CO₂-Emission aufweist. Allerdings muss auch festgestellt werden, dass der Anteil der bei der Verbrennung erzeugten Rußpartikel deutlich über dem von Benzin-angetriebenen Fahrzeugen liegt.
25

Betrachtet man nun die Reinigung von Abgasen, insbesondere von Dieselmotoren, so lassen sich Kohlenwasserstoffe (HC) wie auch Kohlenmonoxide (CO) im Abgas in bekannter Weise oxidieren, indem diese beispielsweise mit einer katalytisch aktiven Oberfläche in Kontakt gebracht werden. Die Reduktion von Stickoxiden (NO_x) unter sauerstofffreien Bedingungen ist allerdings schwieriger. Ein Drei-Wege-Katalysator, wie er beispielsweise bei Otto-Motoren eingesetzt wird, bringt nicht die gewünschten Effekte. Aus diesem Grunde wurde das Verfahren der Selektiven Katalytischen Reduktion (SCR: „selective catalytic reduction“) entwickelt. Weiterhin wurden NO_x -Adsorber auf ihren Einsatz im Hinblick auf die Stickoxid-Reduktion erprobt.

Die Diskussion, ob Partikel oder langkettige Kohlenwasserstoffe einen negativen Effekt auf die menschliche Gesundheit haben, wird nun schon über einen sehr langen Zeitraum betrieben, ohne bislang eine endgültige Aussage getroffen zu haben. Ungeachtet davon ist das Bestreben erkennbar, dass derartige Emissionen über einen gewissen Toleranzbereich hinaus nicht an die Umgebung abgegeben werden sollen. Insofern stellt sich die Frage, welche Filtereffizienz tatsächlich notwendig ist, um die bislang bekannten gesetzlichen Richtlinien auch für die Zukunft einhalten zu können. Betrachtet man das derzeitige Abgasverhalten von im Verkehr befindlichen Fahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland, so ist festzustellen, dass die meisten der 1999 nach EU III zertifizierten Pkws auch die Anforderungen gemäß EU IV einhalten können, wenn diese mit einem Filter ausgestattet werden, welcher eine Effektivität von wenigstens 30 bis 40 % aufweist.

Zur Reduktion von Partikel-Emissionen sind Partikelfallen bekannt, welche aus einem keramischen Substrat aufgebaut sind. Diese weisen Kanäle auf, so dass das zu reinigende Abgas in die Partikelfalle einströmen kann. Die benachbarten Kanäle sind abwechselnd verschlossen, so dass das Abgas auf der Eintrittsseite in den Kanal eintritt, durch die keramische Wand hindurchtritt und durch den benachbar-

ten Kanal auf der Austrittsseite wieder entweicht. Derartige Filter erreichen eine Effektivität von ca. 95 % über die gesamte Breite der auftretenden Partikelgrößen.

Zusätzlich zu chemischen Wechselwirkungen mit Additiven und speziellen Be-

5 schichtungen stellt die sichere Regeneration des Filters im Abgassystem eines Automobils immer noch ein Problem dar. Die Regeneration der Partikelfalle ist erforderlich, da die zunehmende Ansammlung von Partikelteilchen in der zu durchströmenden Kanalwand einen stetig steigenden Druckverlust zur Folge hat, der negative Auswirkungen auf die Motorleistung hat. Die Regeneration umfasst

10 im wesentlichen das kurzzeitige Aufheizen der Partikelfalle bzw. der darin ange- sammelten Partikel, so dass die Rußpartikel in gasförmige Bestandteile umgesetzt werden. Diese hohe thermische Beanspruchung der Partikelfalle hat allerdings negative Auswirkungen auf die Lebensdauer.

15 Zur Vermeidung dieser diskontinuierlichen und thermisch sehr verschleißfördernden Regeneration wurde ein System zur kontinuierlichen Regeneration von Filtern entwickelt (CRT: „continuous regeneration trap“). In einem solchen System werden die Partikel bei Temperaturen bereits oberhalb von 200°C mittels Oxidation mit NO₂ verbrannt. Das hierzu erforderliche NO₂ wird häufig durch einen Oxida-

20 tionskatalysator erzeugt, der stromaufwärts vor der Partikelfalle angeordnet ist. Hierbei stellt sich jedoch gerade im Hinblick auf die Anwendung bei Kraftfahr- zeugen mit Diesel-Kraftstoff das Problem, dass nur ein unzureichender Anteil von Stickstoffmonoxid (NO) im Abgas existiert, welcher zu dem gewünschten Stick- stoffdioxid (NO₂) umgewandelt werden kann. Infolgedessen kann bislang nicht

25 sichergestellt werden, dass eine kontinuierliche Regeneration der Partikelfalle im Abgassystem stattfindet.

Es ist weiter zu berücksichtigen, dass neben nichtumwandelbaren Partikeln auch Öl oder zusätzliche Rückstände von Additiven in einer Partikelfalle angelagert

werden, die nicht ohne weiteres regeneriert werden können. Aus diesem Grund müssen bekannte Filter in regelmäßigen Abständen ausgetauscht und/oder gewaschen werden. Plattenartig aufgebaute Filtersysteme versuchen dieses Problem dadurch zu lösen, dass eine vibrations-ähnliche Anregung ermöglicht wird, welche zum Herauslösen dieser Bestandteile aus dem Filter führt. Allerdings gelangt somit der nicht regenerierbare Anteil der Partikel zum Teil ohne weitere Behandlung direkt in die Umgebung.

Zusätzlich zu einer minimalen Reaktionstemperatur und einer spezifischen Verweildauer muss zur kontinuierlichen Regeneration von Partikeln mit NO₂ ausreichend Stickoxid zur Verfügung gestellt werden. Tests bezüglich der dynamischen Emission von Stickstoffmonoxid (NO) und Partikeln haben klar hervorgebracht, dass die Partikel gerade dann emittiert werden, wenn kein oder nur sehr wenig Stickstoffmonoxid im Abgas vorhanden ist und umgekehrt. Daraus folgt, dass ein Filter mit realer kontinuierlicher Regeneration im wesentlichen als Kompensator oder Speicher fungieren muss, so dass gewährleistet ist, dass die beiden Reaktionspartner zu einem gegebenen Zeitpunkt in den benötigten Mengen im Filter verweilen. Weiterhin ist der Filter möglichst nahe an der Verbrennungskraftmaschine anzusiedeln, um bereits unmittelbar nach dem Kaltstart möglichst hohe Temperaturen annehmen zu können. Zur Bereitstellung des erforderlichen Stickstoffdioxides ist dem Filter ein Oxidationskatalysator vorzuschalten, welcher Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) umsetzt und insbesondere auch Stickstoffmonoxid (NO) in Stickstoffdioxid (NO₂) konvertiert. Bei einer motornahen Anordnung dieses Systems aus Oxidationskatalysator und Filter ist insbesondere die Position vor einem Turbolader geeignet, der bei Dieselmotoren häufig zur Erhöhung des Ladedrucks in der Brennkammer verwendet wird.

Betrachtet man diese grundsätzlichen Überlegungen, so stellt sich für den tatsächlichen Einsatz im Automobilbau die Frage, wie ein derartiger Filter aufgebaut ist, der in einer solchen Position und in Anwesenheit extrem hoher thermischer und dynamischer Belastungen einen zufrieden stellenden Filterwirkungsgrad aufweist.

- 5 Dabei sind insbesondere die räumlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen, die ein neues Konzept für Filter bedingen. Während bei den klassischen Filtern, welche im Unterboden eines Kfzs angeordnet wurden, ein möglichst großes Volumen im Vordergrund stand, um eine hohe Verweilzeit der noch nicht umgesetzten Partikel im Filter und somit eine hohe Effizienz zu gewährleisten, besteht bei einer
- 10 motornahen Anordnung nicht genügend Platz bzw. Raum zur Verfügung.

Hierzu wurde ein neues Konzept entwickelt, welches im wesentlichen unter dem Begriff „offenes Filtersystem“ bekannt geworden ist. Diese offenen Filtersysteme zeichnen sich dadurch aus, dass auf ein konstruktives, wechselseitiges Verschließen der Filterkanäle verzichtet werden kann. Dabei wird vorgesehen, dass die Kanalwände zumindest teilweise aus porösem oder hochporösem Material aufgebaut sind und dass die Strömungskanäle des offenen Filters Umlenk- oder Leitstrukturen aufweist. Diese Einbauten bewirken, dass die Strömung bzw. die darin enthaltenen Partikel hin zu den Bereichen aus porösem oder hochporöserem Material gelenkt werden. Dabei hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass die Partikel durch Interception und/oder Impaktion an und/oder in der porösen Kanalwand haften bleiben. Für das Zusammenkommen dieser Wirkung sind die Druckunterschiede im Strömungsprofil des strömenden Abgases von Bedeutung. Durch die Umlenkung können zusätzlich lokale Unterdruck- oder Überdruckverhältnisse entstehen, die zu einem Filtrationseffekt durch die poröse Wand hindurch führen, da die obengenannten Druckunterschiede ausgeglichen werden müssen.

Die Partikelfalle ist dabei im Gegensatz zu den bekannten geschlossenen Sieb- oder Filtersystemen offen, weil keine Strömungssackgassen vorgesehen sind. Die-

se Eigenschaft kann somit auch zur Charakterisierung derartiger Partikelfilter dienen, so dass beispielsweise der Parameter „Strömungsfreiheit“ zur Beschreibung geeignet ist. So bedeutet eine „Strömungsfreiheit“ von 20 %, dass in einer Querschnittsbetrachtung ca. 20 % der Fläche durchschaubar sind. Bei einem
5 Partikelfilter mit einer Kanaldichte von ca. 600 cpsi („cells per square inch“) mit einem hydraulischen Durchmesser von 0,8 mm entspräche diese Strömungsfreiheit einer Fläche von über 0,1 mm².

Im Hinblick auf die allgemeine Ausgestaltung von Wabenkörpern mit internen
10 Strömungsleitflächen geben beispielsweise das europäische Patent EP 0 484 364 B1 und das deutsche Gebrauchsmuster DE 89 08 738 U1 Hinweise. Diese Dokumente beschreiben Wabenkörper, insbesondere Katalysator-Trägerkörper für Kraftfahrzeuge, aus lagenweise angeordneten, zumindest in Teilbereichen strukturierten Blechen, welche die Wände einer Vielzahl von für ein
15 Fluid durchströmbar Kanäle bilden. Dort wird beschrieben, dass in den meisten Anwendungsfällen und bei den üblichen Dimensionierungen solcher Wabenkörper die Strömung in den Kanälen im wesentlichen laminar ist, d. h. sehr kleine Kanalquerschnitte verwendet werden. Unter diesen Bedingungen bauen sich an den Kanalwänden relativ dicke Grenzschichten auf, welche einen Kontakt der
20 Kernströmung in den Kanälen mit den Wänden verringern. Um eine Verwirbelung des Abgasstromes im Inneren der Kanäle zu bewirken und somit einen intensiven Kontakt des gesamten Abgasstromes mit einer katalytisch aktiven Oberfläche der Kanäle zu gewährleisten, werden hier Umstülpungen vorgeschlagen, die im Inneren des Kanals Anströmflächen bilden, so dass das Abgas quer zur Hauptströmungsrichtung abgelenkt wird.

Gerade im Hinblick auf die Realisierung eines solchen offenen Filtersystems ist es nunmehr Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Umlenkung des durchströmenden Abgases so zu beeinflussen, dass die Effektivität des Filterkörpers ver-

bessert wird, wobei gleichzeitig ein signifikanter Abgasgegendruck vor dem Filterkörper vermieden werden soll. Weiterhin soll ein Filterkörper angegeben werden, der hitzebeständig ist und den hohen thermischen und mechanischen Belastungen in einem Abgassystem eines Pkws dauerhaft standhält.

5

Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Filterkörper zur Reinigung von Abgasen einer Verbrennungskraftmaschine mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben, wobei die dort aufgezeigten Merkmale einzeln oder in jeder beliebigen, sinnvollen Kombination miteinander auftreten können.

Der Filterkörper zur Reinigung von Abgasen einer Verbrennungskraftmaschine umfasst zumindest eine Filterlage und mindestens eine Folie, welche so angeordnet sind, dass für das Abgas durchströmbar Kanäle gebildet sind. Diese Kanäle erstrecken sich vorzugsweise über die gesamte Länge des Filterkörpers. Die Folie weist dazu eine Struktur mit einer Strukturhöhe auf und hat sich zumindest teilweise in eine axiale Richtung erstreckende Erhebungen und Senken, wobei die Struktur bevorzugt sinusförmig oder wellenartig ausgebildet ist. Die Folie weist weiterhin eine Mehrzahl Schaufeln mit einer (maximalen) Schaufelhöhe auf, welche jeweils einen Durchlass mit einem Schaufeleintritt und einem Schaufelaustritt bildet, wobei der Schaufeleintritt und der Schaufelaustritt in einem Winkel zueinander angeordnet sind. Die Ausrichtung des Schaufeleintritts und des Schaufelaustritts mit einem Winkel zueinander bedeutet in diesem Zusammenhang, dass dies nicht parallel zueinander angeordnet sind. Die Schaufeln haben dabei die Funktion, die Abgasteilströme, die durch die Kanäle strömen, zumindest teilweise hin zu der mindestens einen Filterlage abzulenken und/oder Druckunterschiede in benachbarten Kanälen zu erzeugen, so dass diese Abgasteilströme mit den darin enthaltenen Partikeln auf die Filterlage auftreffen bzw. diese durchdringen. Aufgrund der Ausbildung der Schaufeln mit einem Schaufeleintritt und einem Schaufelaustritt, die in einem Winkel zueinander

felaustritt, die in einem Winkel zueinander angeordnet sind, werden beispielsweise Anströmkanäle generiert, die eine solche Beeinflussung der Strömungsrichtung der Abgasteilströme bewirkt. Der erfindungsgemäße Filterkörper zeichnet sich dadurch aus, dass die Schaufelhöhe zwischen 100 % und 60 % der Strukturhöhe 5 beträgt, wobei eine Strömungsfreiheit von mindestens 20 % gewährleistet ist. Bevorzugt sind hierbei Ausgestaltungen mit Schaufelhöhen zwischen 98 % und 70 %, insbesondere zwischen 95 % und 80 % der Strukturhöhe.

Bezüglich der Strömungsfreiheit sei angemerkt, dass diese bevorzugt größer 10 25 %, insbesondere größer 30 % beträgt. In diesem Zusammenhang sei der Begriff „Strömungsfreiheit“ noch etwas genauer beschrieben. Hierunter ist insbesondere zu verstehen, dass der Kanal einen durch die Schaufel verengten freien Kanalquerschnitt hat, der eine im wesentlichen zusammenhängende Fläche beschreibt. Diese Fläche wird in der Regel nur dann geteilt, wenn Teilbereiche der 15 Schaufel auf gegenüberliegende Kanalwände auftreffen, z.B. wenn die Schaufelhöhe der Strukturhöhe entspricht. In diesem Fall sind zwei voneinander nur durch die Schaufel voneinander abstandete Flächen gebildet, die zur Beschreibung der Strömungsfreiheit herangezogen werden. So ist es auch eine drei- oder u.U. auch noch eine mehrfache Aufteilung denkbar, wobei diese wenigen Teilläufen immer 20 noch einen Größe haben, die deutlich und um ein Vielfaches größer als die Ausdehnung von Partikeln und/oder Partikelagglomeraten ist. Insbesondere sind hierbei keine Flächenverteilungen wie bei einem porösem oder gitterartigen Material (Sintermaterialien, Metallschäume, etc.) gemeint, die eine Vielzahl voneinander abgegrenzter Durchbrüche oder Hohlräume aufweisen, welche selbst einen Filtereffekt bewirken können.

Bezüglich der Auslegung eines solchen Filterkörpers gerade im Hinblick auf zukünftige Abgasrichtlinien für Pkw-Abgassysteme sind insbesondere der Abgasmassenstrom, der Filterwirkungsgrad und die Schaufelgeometrie zu berücksichti-

gen. Der Massenstrom von Diesel- und Ottomotoren neuerer Bauart beträgt in der Leerlaufphase etwa 15 kg/h bis 30 kg/h. Für den Fall, dass zusätzlich Sekundärluft in das Abgassystem eingeleitet wird, um ausreichend Oxidationspartner zur Umsetzung der im Abgas enthaltenen Schadstoffe zu gewährleisten, erhöht sich der

5 Massenstrom um ca. 15 kg/h bis 20 kg/h. Der Filterwirkungsgrad wird im wesentlichen durch das verwendete Filtermaterial beeinflusst. Hierbei sind insbesondere die Filterungsvorgänge zu berücksichtigen, wobei bezüglich kleinerer Partikel (im Bereich von 20 nm bis 100 nm) die Diffusionsanbindung überwiegt, während bei größeren Partikeln (beispielsweise bis 250 nm) primär eine Einlagerung der Partikel in Hohlräumen, Poren od. dgl. des Filtermaterials stattfindet.

Im Hinblick auf die vorliegende Erfindung wurde besonderes Augenmerk auf die Schaufelgeometrie gerichtet, wobei hierbei Untersuchungen durchgeführt wurden, welchen Einfluss die Schaufelgeometrie auf die Effektivität eines solchen Filter-

15 körpers hat, wobei gleichzeitig der durch die Strömungsumlenkung erzeugte Druckabfall über dem Filterkörper betrachtet wurde. Im Rahmen dieser Untersuchungen hat sich überraschend herausgestellt, dass die Schaufelhöhe durchaus relativ groß ausgeführt sein kann, also eine relativ starke Ablenkung der Gasteilströme möglich ist. Dies gilt jedoch im wesentlichen nur unter der Voraussetzung,

20 dass dennoch eine Strömungsfreiheit von mindestens 20 % gewährleistet ist. Insofern ist eine entsprechende Schaufelform zu wählen, die noch eine Strömungsfreiheit in diesem Kanalabschnitt von mindestens 20 % sicherstellt. Hierzu bieten sich beispielsweise runde, ovale, dreieckige oder ähnliche Querschnittsformen der Schaufeln an. Die Flanken einer solchen Schaufel sind dabei bevorzugt steiler

25 auszuführen als die Flanken der Struktur, so dass gerade die Randbereiche der benachbarten Kanalabschnitte noch frei durchströmbar sind. Insofern lehrt die Erfindung, dass es besonders vorteilhaft ist, verhältnismäßig wenige Schaufeln in axialer Richtung hintereinander anzurichten, die jedoch einen relativ großen Gasteilstrom ablenken. Eine solche Ausgestaltung ist überraschenderweise gerade

im Hinblick auf den vom Filterkörper erzeugten Abgasgegendruck vorteilhaft, wobei bekanntermaßen eigentlich davon ausgegangen werden musste, dass die Einbauten im Inneren der Kanäle relativ klein ausgebildet sein müssen, um den Abgasgegendruck nicht unnötig zu erhöhen. Insofern gewährleistet die vorge-
5 schlagene Gestaltung des Filterkörpers eine verbesserte Filterwirkung, wobei eine negative Beeinflussung der Antriebscharakteristik der Verbrennungskraftmaschi-
ne vermieden wird.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Filterkörpers sind die Schaufeln in we-
10 nigstens einer Mehrzahl der Erhebungen und in wenigstens einer Mehrzahl der Senken so angeordnet, dass die in axialer Richtung direkt benachbarten Schaufeln zueinander in einer Querrichtung versetzt sind. Demzufolge hat es sich als beson-
ders vorteilhaft herausgestellt, die Schaufeln in den Erhebungen bzw. den Senken anzuordnen. Betrachtet man hierbei die Folien, so sind die Schaufeln derart zuein-
15 ander ausgerichtet, dass die in den Erhebungen angeordneten Schaufeln eine Umlenkung des Abgasteilstromes aus dem darunter liegenden Kanal hin zur Erhe-
bung bewirken, und die in den Senken angeordneten Schaufeln eine Umlenkung der Abgasteilströme von dem darüber liegenden Kanal hin zu den Senken bewir-
ken. Die Erhebungen und Senken der Folie dienen insbesondere der Auflage bzw.
20 der Verbindung mit einer benachbart angeordneten Filterlage, so dass eine oben beschriebene Umlenkung der Abgasteilströme einen innigen Kontakt des umge-
lenkten Abgasteilstromes mit der Filterlage sicherstellt. Dabei grenzt der Schau-
felaustritt vorzugsweise direkt an die anliegende Filterlage, ist demnach parallel
zur angrenzenden Filterlage angeordnet.

25

Zur Erläuterung der zueinander in einer Querrichtung versetzten Schaufeln sei angemerkt, dass dies im wesentlichen bedeutet, dass in einem Kanal vorzugsweise mehrere Schaufeln axial hintereinander nur in den Erhebungen angeordnet sind, während zwischen diesen Schaufeln in den Erhebungen des einen Kanals minde-

tens eine Schaufel in der Senke eines benachbarten Kanals angeordnet ist. Dabei muss eine solche alternierende Anordnung der Schaufeln nicht zwingend zwischen zwei direkt benachbarten Kanälen ausgebildet sein, es ist beispielsweise auch möglich, dass zwischen diesen Kanälen mit Schaufeln auch frei durchström-

5 bare (axiale Abschnitte der) Kanäle vorhanden sind. Die alternierende Anordnung ist insbesondere im Hinblick auf die Stabilität des Filterkörpers bzw. der Folie vorteilhaft, da die Schaufeln ggf. eine Versteifung der Struktur bewirken, und die gleichmäßige verteilte Anordnung der Schaufeln zu einer homogenen Steifigkeit des Filterkörpers führt. Dies ist auch vorteilhaft im Hinblick auf die Herstellung

10 derartiger Folien, da die Prägung bzw. das Ausstanzen dieser Schaufeln mit einem gewissen Abstand zueinander ausgeführt werden kann, so dass übermäßige Verformungen der Folie vermieden werden. Insofern wird einer Materialermüdung vorgebeugt, was insbesondere im Hinblick auf die thermischen und dynamischen Beanspruchungen in einem Abgassystem von Bedeutung ist. Weiter ist auch zu

15 berücksichtigen, dass die Folien zur Ausbildung eines solchen Filterkörpers bevorzugt gewickelt und/oder gewunden werden, so dass das Biegeverhalten der gesamten Folie auch im wesentlichen von der Anordnung der Schaufeln beeinflusst wird. Die alternierende Anordnung hat hier besonders vorteilhafte Eigen-

20 schaften, da ein gleichmäßiges Biegen gewährleistet ist, und somit auch Spannungsspitzen im Hinblick auf die Anlage an der Filterlage vermieden werden.

Gemäß noch einer weiteren Ausgestaltung ist die mindestens eine Folie so angeordnet, dass in radialer Richtung jeweils eine auf einer Erhebung angeordnete Schaufel (der einen Folie) direkt benachbart zu einer in einer Senke angeordneten Schaufel (einer anderen, radial benachbarten Folie) angeordnet ist, und umgekehrt. Das hat zur Folge, dass zwei in radialer Richtung benachbart zueinander angeordnete Kanäle, welche lediglich durch die Filterlage getrennt sind, gleichzeitig verengt werden, wobei die Strömungsfreiheit jeweils nahe der Filterlage gewährleistet ist. Dies führt einerseits dazu, dass die an den von den Schaufeln be-

grenzen Durchlässen vorbeiströmenden Abgasteilströme infolge der Druckveränderungen in diesem Abschnitt durch die Filterlage direkt miteinander kommunizieren können, so dass auf diese Weise bereits ein inniger Kontakt mit dem Filtermaterial sichergestellt wird. Andererseits hat in die axiale Richtung „phasenverschobene“ Anordnungen der Schaufeln eine signifikante Verbesserung der Mischeffektivität zur Folge, da die bereits abgeschalteten Gasteilströme von benachbarten Schaufeln praktisch aufgenommen werden und ohne hohen Druckverlust in die nächste Filterlage geleitet werden. Außerdem ermöglicht diese Anordnung der Schaufeln eine besonders gute Fixierung der Filterlage, wenn die Schaufelhöhe in etwa der Höhe der Struktur entspricht. In diesem Fall wird die Filterlage durch die Struktur einerseits und die in radialer Richtung benachbart zueinander angeordneten, entgegengesetzten Schaufeln andererseits fixiert.

Gemäß einer Weiterbildung des Filterkörpers weisen die in Querrichtung zueinander versetzten Schaufeln (einer Folie) einen Versatz von 2 bis 5 mm auf. Dieser Versatz ist insbesondere im Hinblick auf die Fertigung derartiger Folien mit Schaufeln vorteilhaft, wobei auch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass prinzipiell der Versatz auch unabhängig von der Ausgestaltung der Struktur einzustellen ist, also nicht in jeder benachbarten Erhebung bzw. Senke eine Schaufel auszubilden ist. Zwar ist dies gerade im Hinblick auf die Beeinflussung der Durchströmung des Abgases vorteilhaft, andererseits ist ggf. darauf abzustellen, eine Kaltverfestigung infolge der konzentrierten Umformung der Folie zu vermeiden, so dass der Filterkörper eine Lebensdauer garantiert, die für den Einsatz in einem Abgassystem eines Automobils gefordert ist.

Bezüglich der Anordnung des Schaufeleintritts ist es vorteilhaft, diesen im wesentlichen senkrecht zu der axialen Richtung auszuführen. Dabei sind bevorzugt alle Schaufeln so angeordnet, dass der Strömungseintritt in axialer Richtung geschenen vor dem Strömungsaustritt angeordnet ist. Dies bedeutet, dass die Schaufeln

25

bevorzugt gleichgerichtet sind und der im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung des Abgases ausgerichtete Schaufeleintritt einen großen Abgasteilstrom ablenkt.

5 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist die Schaufel einen Kragen auf, der bevorzugt mit einer Kragubreite von 0,5 mm bis 5 mm ausgeführt ist. Diese Kragen, der vorzugsweise parallel zur Strömungsrichtung der Abgasteilströme durch die Kanäle angeordnet ist, dient dem „Abschälen“ von Abgasteilströmen. Weiterhin hat dieser Kragen eine stabilisierende Funktion, um einer sich daran anschließenden Leitfläche die erforderliche widerstandsfähige Lage zu gewährleisten.
10 Betrachtet man den Abgasstrom mobiler Verbrennungskraftmaschinen genauer, so sind impulsartige Druckstöße zu erkennen, welche ihren Ursprung in den Verbrennungsvorgängen im Motor haben und sich mit dem Abgasstrom in einem Abgassystem in Strömungsrichtung fortpflanzen. Das bedeutet, dass zum Teil
15 erhebliche Vibratoren in einem solchen Filterkörper auftreten, die gerade solche relativ filigranen Strukturen wie die vorgeschlagenen Schaufeln gefährden. Der Kragen hat sich hierbei im Rahmen von Langzeittests besonders vorteilhaft hervorgetan, da die Schwingungsneigung derartiger Leitflächen deutlich reduziert bzw. verhindert werden konnte.

20 Weiter wird vorgeschlagen, dass die Schaufel eine Leitfläche hat, die bevorzugt eine Erstreckung in axialer Richtung von 1,5 mm bis 10 mm, insbesondere von 2 mm bis 5 mm, aufweist. Dabei ist es besonders vorteilhaft, dass die Leitfläche der Schaufel mit der axialen Richtung einen Schaufelwinkel einschließt, der bevorzugt in einem Bereich von 15° bis 30° liegt, insbesondere zwischen 20° und 25°. Die Erstreckung der Leitfläche bzw. der Schaufelwinkel beeinflussen im wesentlichen den Grad der Ablenkung von Abgasteilströmen, haben somit auch einen direkten Einfluss auf den vom Filterkörper erzeugten Abgasgegendruck. Die angegebenen Parameter erfüllen die Anforderungen bezüglich der Strömungsbeein-

flussung einerseits und der Vermeidung von einem unerwünscht großen Druckabfall über dem Filterkörper andererseits.

Weiterhin wird vorgeschlagen, dass die mindestens eine Leitfläche mindestens

5 einen zusätzlichen Durchbruch aufweist, der bevorzugt kleiner als der Schaufelintritt und/oder der Schaufelaustritt ausgeführt ist. Eine solche Ausgestaltung der Leitfläche ist insbesondere bei Filterköpfen vorteilhaft, die z. B. diskontinuierlich regeneriert werden. Das bedeutet, dass die Filterlage zunächst über einen gewissen Zeitraum zunehmend mehr Partikel an- bzw. einlagert, bevor eine Umwandlung dieser Feststoffe in gasförmige Komponenten erfolgt. Dabei kann es ggf. vorkommen, dass die Durchlässigkeit der Filterlage für das Abgas bei zunehmender Beladung sinkt. Wird nun das Abgas auf bereits „verstopfte“ Filterabschnitte gelenkt, würde ein erhöhter Gegendruck auftreten. Dies wird durch den Durchbruch reduziert, da der abgeschaltete Gasteilstrom zumindest teilweise über den

10 Durchbruch den von der Schaufel definierten Durchlass wieder verlassen kann. Weiterhin werden dabei Turbulenzen stromabwärts dieser Leitfläche in dem Kanal erzeugt, die wiederum zu einem innigen Kontakt von Abgasteilströmen mit der Filterlage führen.

15 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Filterkörpers hat die Struktur der Folie eine Strukturweite und eine Strukturhöhe, wobei das Verhältnis von Strukturweite zu Strukturhöhe in einem Bereich zwischen 1 und 3 liegt. Hierzu sei angemerkt, dass die Schaufelhöhe bevorzugt dann größer auszuführen ist (beispielsweise zwischen 100 % und 80 % der Strukturhöhe), wenn ein verhältnismäßig großes Verhältnis von Strukturweite zu Strukturhöhe gegeben ist (z.B. im Bereich zwischen 2 und 3). Liegen relativ schlanke Kanäle vor, beträgt das Verhältnis beispielsweise zwischen 1 und 2, so ist gerade im Hinblick auf die Gewährleistung einer Strömungsfreiheit von mindestens 20 % die Schaufelhöhe kleiner auszuführen (beispielsweise in einem Bereich von 80 % bis 60 % der Strukturhöhe).

Gemäß einer Weiterbildung des Filterkörpers sind in axialer Richtung mindestens vier, insbesondere mindestens sechs Schaufeln angeordnet, wobei diese vorzugsweise einen Abstand zueinander von 5 bis 30 mm haben. Hierzu sei angemerkt,

- 5 dass die Anzahl der Schaufeln in axialer Richtung im wesentlichen auch von der Länge des Filterkörpers abhängt. Wie bereits oben ausgeführt, wird vorliegend eine relativ große Schaufelhöhe im Vergleich zur Strukturhöhe vorgeschlagen, so dass nur relativ wenige Schaufeln in axialer Richtung hintereinander angeordnet werden müssen, um bereits eine sehr effektive Filterwirkung zu gewährleisten.
- 10 Insbesondere ist demnach die Schaufelanzahl pro Kanal- bzw. Folienlänge auf beispielsweise weniger als 15 Schaufeln, insbesondere weniger als 10 Schaufeln hintereinander zu begrenzen.

Gemäß noch einer weiteren Ausgestaltung hat die mindestens eine Folie des Filterkörpers eine Foliendicke kleiner 0,06 mm und ist bevorzugt aus einem korrosions- und hitzebeständigen Material, insbesondere Metall. Gerade bei hochdynamischen Filtern, die also sehr stark variierenden Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind, kann es vorteilhaft sein, die oberflächenspezifische Wärmekapazität der Folien weiter zu reduzieren, so dass diese bevorzugt eine Foliendicke kleiner 0,03 mm, insbesondere kleiner 0,015 mm aufweisen. Hierbei haben sich insbesondere Folien bewährt, die aus einem Aluminium und Chrom enthaltenden Stahl sind, wobei auch andere Komponenten wie beispielsweise Nickel oder dergleichen umfasst sein können.

- 25 Weiter wird vorgeschlagen, dass die mindestens eine Filterlage eine mittlere Porosität zwischen 50 % und 95 % hat, insbesondere zwischen 75 % und 90 %. Die tatsächlich zu wählende Porosität ist speziell auf die Verbrennungskraftmaschine bzw. den von ihr erzeugten Abgasstrom zu wählen. Im Hinblick auf die unterschiedlichen Anlagerungs- bzw. Filterungseffekte sind hierbei der generierte Mas-

senstrom und die im Abgas enthaltenen Partikelgrößen ausschlaggebend. Überwieg der Anteil von Partikeln mit einer Partikelgröße größer 150 nm, so ist die Porosität bevorzugt im Bereich zwischen 80 % und 95 % zu wählen, während bei der Anwesenheit von deutlich kleineren Partikeln bevorzugt eine Porosität zwischen 75 und 85 % vorzusehen ist.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung hat die mindestens eine Filterlage eine Filterlagendicke von 0,2 mm bis 1,5 mm, wobei diese bevorzugt aus einem Fasermaterial mit einem mittleren Durchmesser von 5 µm bis 20 µm besteht. Prinzipiell sei hier angemerkt, dass eine solche Filterlage aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien bzw. Materialverbunden herstellbar ist. So sind beispielsweise Drahtgestrücke, Drahtgewebe, Metallschäume, poröse keramische Schichten od. dgl. einsetzbar. Besonders bevorzugt werden Fasermaterialien, welche aus einem hitzebeständigen, insbesondere keramischen, Material sind, wobei der angegebene mittlere Faserdurchmesser sich gerade im Hinblick auf die Diffusionsanbindungen von Rußpartikeln, wie sie bei der Verbrennung von Diesekraftstoff auftreten, besonders bewährt hat.

Gemäß einer Weiterbildung des Filterkörpers sind die mindestens eine Filterlage und die mindestens eine Folie so gestapelt und/oder gewickelt angeordnet, dass ein Wabenkörper gebildet ist, und dieser Wabenkörper zumindest teilweise von einem Gehäuse umgeben ist. Die Wabenstruktur hat sich bereits bei der Herstellung metallischer Katalysator-Trägerkörper als besonders robust und widerstandsfähig im Blick auf die dynamischen Beanspruchungen derartiger Abgasanlagenkomponenten hervorgetan. Dabei sind die die Wabenstruktur bildenden Komponenten bevorzugt miteinander fügetechnisch verbunden, insbesondere verlötet oder verschweißt. Zur Wahrung dieses Verbundes aus Filterlagen und Folien wird der Wabenkörper vorteilhafterweise ebenfalls fügetechnisch mit dem Gehäuse verbunden, insbesondere ebenfalls verlötet oder verschweißt. Dabei sind die füge-

technischen Verbindungen so auszuführen, dass ggf. ein unterschiedliches thermisches Ausdehnungsverhalten des Wabenkörpers gegenüber dem Gehäuse kompensiert werden kann. Hierzu eignen sich beispielsweise fügetechnische Verbindungen, die nicht über die gesamte axiale Länge des Filterkörpers ausgebildet
5 sind.

Gemäß einer Weiterbildung des Filterkörpers wird vorgeschlagen, das Volumen des Filterkörpers so zu begrenzen, dass das Volumen in einem Bereich von 0,01 Liter (l) bis 1 Liter (l) liegt, insbesondere aber kleiner als ein Hubraumvolumen der Verbrennungskraftmaschine ausgeführt ist. Betreffend das Volumen des Filterkörpers sei hierbei zunächst angemerkt, dass der angegebene Bereich sehr klein ist im Vergleich zu den aus dem Stand der Technik bekannten Filterköpern. Extrem kleine Filterkörper sind dabei bevorzugt in unmittelbarer Nähe der Verbrennungskraftmaschine anzutreffen, um eine kontinuierliche Regeneration 10 des Filterkörpers zu ermöglichen (CRT-Verfahren). Unter dem Volumen des Filterkörpers ist hierbei insbesondere das Volumen des Wabenkörpers zu verstehen, das sich aus den Volumina der mindestens einer Filterlage, der mindestens einer Folie und der vom Abgas durchströmten Kanäle zusammensetzt. Das Hubraumvolumen der Verbrennungskraftmaschine bezieht sich auf das Gesamtvolume der 15 Verbrennungsräume (Zylinder), wobei dieses bekanntermaßen in einem Bereich von 0,2 l bis 4,2 l liegt (Motoren mit 2, 3, 4, 5, 6, 8 oder 12 Zylindern).

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung hat der Filterkörper eine Länge und einen Durchmesser, wobei das Verhältnis aus Länge zu Durchmesser zwischen 0,5 und 25 2,5 beträgt. Bevorzugt ist hierbei ein Verhältnis aus Länge zu Durchmesser zwischen 1 und 2. Dabei werden erfindungsgemäße Filterkörper mit einer Länge im Bereich von 10 mm bis etwa 200 mm bevorzugt.

Weiter wird vorgeschlagen, dass der Filterkörper eine Kanaldichte aufweist, die zwischen 50 und 500 cpsi („cells per square inch“) beträgt. Insofern liegen die hier vorgeschlagenen Kanaldichten deutlich unterhalb den Kanaldichten, wie sie beispielsweise bei metallischen Katalysator-Trägerkörpern der neusten Generation eingesetzt werden. Dies erfolgt insbesondere im Hinblick auf die in den Kanälen angeordneten Einbauten, wobei sichergestellt ist, dass eine Strömungsfreiheit von mindestens 20 % auch im Rahmen einer Großserienfertigung derartiger Filterkörper gewährleistet ist.

10 Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert, welche besonders vorteilhafte und/oder besonders bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Filterkörpers zeigen. Dabei sei darauf hingewiesen, dass die Erfindung nicht auf die dargestellten Ausführungsformen begrenzt ist.

15 Es zeigen:

Fig. 1 schematisch einen Schnitt durch einen Kanal in Querrichtung;

20 Fig. 2 einen Schnitt durch einen Kanal in Längsrichtung;

Fig. 3 schematisch und perspektivisch eine phasenverschobene Anordnung der Schaufeln benachbarter Folien;

25 Fig. 4 ein Diagramm zur Mischeffektivität;

Fig. 5 schematisch den Aufbau eines Filterkörpers;

Fig. 6 ein Detail eines erfindungsgemäßen Filterkörpers in perspektivischer Schnittdarstellung;

Fig. 7 eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Filterkörpers in stirnseitiger Ansicht;

5 Fig. 8 eine weitere Ausführungsform des Filterkörpers in perspektivischer Darstellung; und

Fig. 9 schematisch den Aufbau einer mobilen Abgasanlage.

10 Fig. 1 zeigt schematisch und in einem Querschnitt in Querrichtung 11 einen Kanal 28, der von einer Folie 1 und einer Filterlage 27 begrenzt ist. Die Folie 1 ist mit einer Struktur 2 ausgebildet, die im wesentlichen einen Sinusverlauf mit Erhebungen 4 und Senken 5 aufweist und der Beabstandung von benachbarten Filterlagen 27 bzw. der Generierung von Kanälen 28 dient. Die Struktur 2 hat eine 15 Strukturhöhe 13 und eine Strukturweite 20. Die hier dargestellte Struktur 2 weist in der Erhebung 4 eine in Richtung der Filterlage 27 hin ausgebildete Schaufel 6 auf, welche einen Durchlass 7 begrenzt. Die Schaufel 6 hat eine Schaufelhöhe 12, die zwischen 100 % und 60 % der Strukturhöhe 16 beträgt, wobei eine Strömungsfreiheit von mindestens 20 % gewährleistet ist. Die Strömungsfreiheit beschreibt im wesentlichen das Verhältnis des gesamten Kanalquerschnitts (im Bereich ohne Schaufel 6) zu dem reduzierten Querschnitt des Kanals 28, der neben dem Durchlass 7 noch für das Abgas zur Durchströmung des Kanals 28 zur Verfügung steht. Die weitere Beschreibung der Schaufel 6 erfolgt anhand der Fig. 2, die einen Schnitt in axialer Richtung 3 durch den Kanal 28 in der gestrichelt angegebenen Ebene zeigt.

20

25

Fig. 2 zeigt demnach einen Längsschnitt durch einen Kanal 28 in axialer Richtung 3. Auch hier ist zu erkennen, dass der Kanal im wesentlichen durch eine Folie 1 und eine Filterlage 27 begrenzt wird. Ausgehend von einer Erhebung 4 er-

streckt sich eine Schaufel 6 in das Innere des Kanals 28. Diese Schaufel 6 weist eine Schaufelhöhe 12 auf und bildet einen Durchlass 7 mit einem Schaufeleintritt 8 und einem Schaufelaustritt 9, wobei der Schaufeleintritt 8 und der Schaufelaustritt 9 in einem Winkel 10 zueinander angeordnet sind, der bevorzugt zwischen 5 70 und 110° beträgt, insbesondere 90°. Die Schaufel 6 weist einen Kragen 14 mit einer Kragubreite 15 sowie eine Leitfläche 16 mit einer Erstreckung 17 in axialer Richtung 3 auf. Die Leitfläche 16 der Schaufel 6 schließt mit der axialen Richtung 3 einen Schaufelwinkel 18 ein, der bevorzugt in einem Bereich von 15° bis 10 30° liegt. Die Leitfläche 16 weist zudem einen zusätzlichen Durchbruch 19 auf, der kleiner als der Schaufeleintritt 8 oder der Schaufelaustritt 9 ausgeführt ist. In der dargestellten und besonders bevorzugten Ausführungsform des Durchbruchs 19 ist dieser in einem zentralen Bereich der Leitfläche 16 angeordnet, also beispielsweise mittig bezüglich der Schaufelhöhe 12. Der Durchbruch 19 selbst kann verschiedene Formen aufweisen, beispielsweise als Schlitz, Loch od. dgl.. 15 Die Schaufelhöhe 12 beträgt hier ebenfalls ca. 80 % der Strukturhöhe 13. Die Folie 1 ist mit einer Foliendicke 24 ausgeführt, die bevorzugt kleiner als 0,06 mm ist. Die Filterlage 27 hat eine Filterlagendicke 29, die bevorzugt in einem Bereich zwischen 0,5 mm und 1,5 mm liegt.

20 In dem dargestellten Längsschnitt lässt sich sehr gut erkennen, dass ein Abgasstrom in Strömungsrichtung 39 in dem Kanal 28 geführt wird, bis dieser auf eine Schaufel 6 trifft. Dabei wird ein Teil des Abgasstromes abgetrennt und gelangt über den Durchlass 7 bzw. mit Hilfe der Leitfläche 16 zum Schaufelaustritt 9. Üblicherweise liegt die Erhebung 4 der Blechfolie 1 direkt an einer weiteren Filterlage 27 (nicht dargestellt) an, so dass der aus dem Kanal 28 abgetrennte Gasteilstrom direkt in eine solche Filterlage 27 mündet. Weiterhin ist gewährleistet, dass ein weiterer, insbesondere kleinerer, Gasteilstrom zwischen dem Kragen 14 und der dargestellten Filterlage 27 an der Schaufel 6 vorbeiströmt (also in 25 dem Kanal 28 verbleibt). Dabei hat die Reduzierung des Querschnitts zur Folge,

dass sich ggf. die Druckverhältnisse im Inneren des Kanals 28 an dieser Stelle so ändern, dass sich gerade im Bereich des Kragens 14 ein intensiver Kontakt des vorbeiströmenden Gasteilstroms mit der Filterlage 27 ausbildet.

5 Fig. 3 zeigt schematisch und perspektivisch die Anordnung zweier Folien 1 mit Schaufeln 6, welche in radialer Richtung 37 in dem erfundungsgemäßen Filterkörper zueinander beabstandet angeordnet sind, wobei die dazwischen angeordnete Filterlage 27 nicht dargestellt ist. Die Folie 1 weist wiederum eine Struktur 2 mit Erhebungen 4 und Senken 5 auf, welche sich bevorzugt über die gesamte Länge in
10 axiale Richtung 3 erstrecken. Die Schaufeln 6 einer Folie 1 sind wechselseitig und gleichgerichtet angeordnet. „Wechselseitig“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich die Schaufeln 6 in axialer Richtung 3 gesehen abwechselnd nach oben und nach unten bezogen auf die Struktur 2 der Folie 1 erstrecken. „Gleichgerichtet“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Schaufeleintritte 8 aller
15 Schaufeln 6 in eine Richtung (insbesondere in axiale Richtung 3 oder entgegen- gesetzt) weisen, also dem Schaufelaustritt 9 vorgelagert sind bzw. diesen strom- aufwärts begrenzen. Die Schaufeln 6 sind in einer Mehrzahl der Erhebungen 4 und in einer Mehrzahl der Senken 5 so angeordnet, dass die in axialer Richtung 3 direkt benachbarten Schaufeln 6 zueinander in einer Querrichtung 11 versetzt
20 sind. Dieser Versatz 23 beträgt bevorzugt zwischen 2 und 5 mm. In axialer Richtung 3 gesehen haben die hintereinander angeordneten Schaufeln 6 einen Abstand 22 zueinander von 5 bis 30 mm. Die Schaufeln 6 der benachbart zueinander angeordneten Folien 1 weisen zudem einen „Phasenverschub“ auf. Dieser hat zur Folge, dass in radialer Richtung 37 jeweils eine auf einer Erhebung 4 angeordnete
25 Schaufel 6 der einen Folie direkt benachbart zu einer in einer Senke 5 angeordneten Schaufel 6 einer weiteren Folie angeordnet ist, und umgekehrt. Wird nur eine Folie 1 zur Herstellung des Filterkörpers verwendet (z.B. Spiralform), so sind die Schaufeln 6 in der Folie 1 so auszubilden, dass der Wickelvorgang eine entsprechende Anordnung der radial benachbarten Schaufeln 6 zu Folge hat. Der Phasen-

verschub entspricht dabei bevorzugt dem Abstand 22 zweier in axialer Richtung benachbarter Schaufeln 6 bei einer wechselseitigen Anordnung der Schaufeln 6.

Fig. 4 zeigt schematisch ein Diagramm, welches die besonderen Vorteile einer wechselseitigen, gleichgerichteten und phasenverschobenen Anordnung der Folien 1 zum Ausdruck bringt. Die Achse, die mit „A“ gekennzeichnet ist, zeigt die Anzahl der benachbarten Kanäle, die infolge unterschiedlicher Ausgestaltungen der Folien 1 mit Gasteilströmen eines Abgasstromes durchströmt werden, der in einem einzelnen (zentral angeordneten) Kanal eingeleitet wurde. Die Achse, die mit dem Buchstaben „B“ gekennzeichnet ist, zeigt die Anzahl der Schaufeln, die in axialer Richtung hintereinander in einem entsprechenden Filterkörper angeordnet sind. Die zu I. dargestellte Kurve entspricht dabei dem Aufbau eines Filterkörpers mit Folien, wie es in Fig. 3 angedeutet ist (wechselseitig, gleichgerichtet, phasenverschoben). Der mit II. gekennzeichnete Graph zeigt den Mischeffekt eines Filterkörpers, der ebenfalls Blechfolien mit wechselseitig und gleichgerichteten Schaufeln ausgeführt ist, wobei jedoch eine phasengleiche Anordnung der Folien vorlag. Das mit III. gekennzeichnete Beispiel zeigt den Mischeffekt für einen Filterkörper, der Folien mit einseitigen, gleichgerichteten Schaufeln aufweist (die Schaufeln erstrecken sich somit nur in eine Richtung ausgehend von der Struktur, z. B. ausgehend von den Erhebungen alle nach unten oder ausgehend alle von den Senken nach oben), wobei auch hier eine phasengleiche Anordnung gewählt wurde.

Aus dem Diagramm ist nunmehr zu erkennen, dass bei dem mit III. gekennzeichneten Beispiel mit vier hintereinander angeordneten Schaufeln lediglich 13 benachbarte Kanäle beteiligt sind, also auch nur eine entsprechende Anzahl von Filterlagen durchströmt werden. Im Gegensatz dazu werden bei dem Filterkörper gemäß Beispiel I. nach vier in axialer Richtung hintereinander angeordneten Schaufeln bereits 39 Kanäle involviert, so dass auch eine entsprechend höhere

Anzahl von Filterlagen durchdrungen wird. Dies hat eine signifikante Verbesserung der Filtereffektivität zur Folge, da gerade im Hinblick auf kleine Partikelgrößen die Diffusionsvorgänge bezüglich der Anlagerung überwiegen und demnach eine möglichst große Filteroberfläche bereitgestellt werden muss.

5

Fig. 5 zeigt in einer Explosionsdarstellung die Anordnung einer Folie 1 zwischen zwei Filterlagen 27. Die Filterlagen 27 sind dabei bevorzugt im wesentlichen glatt, weisen also keine Makrostruktur analog der Folie 1 auf. In der Fig. 5 ist weiter dargestellt, wie die Strömungsrichtung 39 der Gasteilströme durch die Schau-
10 feln 6 beeinflusst wird, wobei stets eine Ablenkung (Sekundärströmung) hin zu der Filterlage 27 gewünscht ist.

Fig. 6 zeigt ein Detail einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Filterkörpers 25 perspektivisch und im Schnitt. Es sind zwei zueinander benachbart angeordnete Folien 1 dargestellt, zwischen denen eine Faserlage 27 angeordnet ist. Die Faserlage 27 besteht dabei aus einem Fasermaterial 30 mit Fasern, die einen Faserdurchmesser 31 aufweisen. Zur Umlenkung der Strömungsrichtung 39 weisen die Folien 1 Schaufeln 6 mit jeweils einem Kragen 14 und einer Leitfläche 16 auf. Dadurch wird sichergestellt, dass das Abgas mit den darin enthaltenen Partikeln 40 die Filterlagen 27 durchdringen, so dass sich die Partikel 40 auf der Oberfläche oder im Inneren der Faserlage 27 solange aufhalten, bis diese in gasförmige Komponenten umgesetzt werden können. Hierzu kann eine diskontinuierliche Regenerierung erfolgen (Wärmezufuhr) oder eine Regenerierung nach dem CRT-Verfahren stattfinden, wobei die Verweilzeit der Partikel in dem Filterkörper vor-
20 teilhaftweise soweit verlängert wird, bis die benötigten Reaktionspartner zur chemischen Umsetzung vorliegen. Die Folien 1 sind zudem mit einer Struktur 2 ausgeführt, welche Erhebungen 4 und Senken 5 aufweist, so dass für das Abgas durchströmbar Kanäle 28 gebildet sind. Bevorzugt ist dabei, dass im Bereich der Auflageflächen der Folie 1 und einer Faserlage 27 zumindest teilweise fügetech-
25

nische Verbindungen realisiert sind, die einen dauerhaften Verbund dieser Komponenten gewährleisten.

Fig. 7 zeigt eine stirnseitige Ansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäß 5 beschriften Filterkörpers 25. Der Filterkörper 25 umfasst eine Filterlage 27 und eine Folie 1, die so gestapelt und gewickelt angeordnet sind, dass ein Wabenkörper 32 gebildet ist. Der Wabenkörper 32 weist für ein Abgas durchströmmbare Kanäle 28 auf. Der Wabenkörper 32 ist im wesentlichen zylindrisch, wobei die Folie 1 gemeinsam mit der Faserlage 27 spiraling aufgewickelt wurde. Der so hergestellte 10 Wabenkörper 32 wurde in ein Gehäuse 33 eingesetzt und mit diesem vorzugsweise fügetechnisch verbunden. Die gezeigten Kanäle 28 erstrecken sich dabei bevorzugt von einer Stirnfläche 21 der Wabenstruktur in axialer Richtung 3 durch den gesamten Filterkörper 25. Strömungsfreiheit bedeutet in diesem Zusammenhang, dass in jedem beliebigen Querschnitt mindestens 20 % der Fläche durchschaubar 15 sind, das heißt frei von Einbauten wie bspw. den Schaufeln 6 oder dergleichen. Das heißt mit anderen Worten auch, dass bei einer stirnseitigen Ansicht eines solchen Filterkörpers 25 zumindest teilweise durch die Kanäle 28 hindurchgeschaut werden kann, sofern die Einbauten alle etwa die gleiche Einbaulage haben, also fluchtend angeordnet hintereinander sind. Dies ist bei Wabenköpfen aus zumindest teilweise strukturierten Blechlagen typischerweise gegeben. Die Strömungsfreiheit bedeutet aber für nicht miteinander fluchtende Einbauten nicht zwingend, dass man tatsächlich teilweise durch einen solchen Wabenkörper hindurchschauen kann. Insofern ist übergeordnet eine Strömungsrichtung 39 (nicht dargestellt) im wesentlichen parallel zu den Kanälen 28 ausgerichtet. Infolge der erfindungsgemäß 20 angeordneten Schaufeln 6 (nicht dargestellt) kommt es zu einer Sekundärströmung 41, die im Allgemeinen eher lokal begrenzt ist. Bei einer spiraling aufgewickelten Folie 1 und Filterlage 27 ist dabei eine Sekundärströmung 41 festzustellen, die im wesentlichen in einer radialen Richtung 37 verläuft.

Fig. 8 zeigt perspektivisch und schematisch eine weitere Ausgestaltung eines Filterkörpers 25. Dabei hat der Filterkörper 25 einen Durchmesser 36 (in radialer Richtung 37) und eine Länge 35 (in axialer Richtung 3) sowie ein Volumen 34, das sich im wesentlichen aus dem Durchmesser 36 und der Länge 35 ergibt. Die 5 dargestellte Ausführungsform des Filters 25 weist mehrere Folien 1 und Filterlagen 27 auf, die halbkreisartig miteinander verschlungen sind. Dabei ist zu erkennen, dass die Anordnung der Folien 1 und der Filterlagen 27 einen wesentlichen Einfluss auf die dadurch erzeugte Sekundärströmung 41 hat. Während bei der in Fig. 7 dargestellten Ausführungsform ein zentral anströmender Gasstrom primär 10 radial nach außen geführt wird, sind bei der in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform Bereiche erkennbar, in denen die Sekundärströmung 21 lokal entgegengesetzt verläuft.

Fig. 9 zeigt schematisch den Aufbau eines Abgassystems, wie es beispielsweise 15 zur Reinigung von Abgasen mobiler Kfz-Motoren eingesetzt wird. Dabei wird der Verbrennungskraftmaschine 26, insbesondere ein Dieselmotor, über eine Zufuhr 44 ein Brennstoff-Luftgemisch zugeführt, das in den Brennräumen 42 verbrannt wird. Die Brennräume 42 weisen jeweils ein Brennraumvolumen auf, welches zusammengefasst das sogenannte Hubraumvolumen 38 ergibt. Die bei der 20 Verbrennung entstehenden Abgase werden über eine Abgasleitung 48 verschiedenen Komponenten des Abgassystems zugeführt, bevor es im gereinigten Zustand an die Umgebung abgegeben wird. In der dargestellten Ausführungsform durchläuft das Abgas zunächst einen Oxidationskatalysator und einen sich daran direkt anschließenden erfundungsgemäßen Filterkörper 25. Anschließend wird das Abgas 25 zu einem Turbolader 43 geführt, der mit Hilfe des Abgases eine Verdichtung der der Verbrennungskraftmaschine 26 zugeführten Frischluft bewirkt. Anschließend wird das Abgas zu einem katalytischen Konverter 46 weitergeleitet, der bevorzugt im Unterboden eines Kfzs angeordnet ist. Dieser katalytische Konverter 46 kann mit unterschiedlichen Zonen 47 ausgebildet sein, die sich beispielsweise bezüg-

08.11.01.

lich ihrer oberflächenspezifischen Wärmekapazität und/oder ihrer katalytischen Beschichtung unterscheiden. Die dargestellte Abgasanlage kann jedoch auch durch weitere Komponenten ergänzt werden, wie beispielsweise sogenannte Adsorber zum adsorbieren von Stickoxiden oder langkettigen Kohlenwasserstoffen,
5 elektrisch beheizbaren Wabenkörpern zum Aufheizen des Abgases in der Kaltstartphase, Sensoren zur Bestimmung der Zusammensetzung des Abgases, Sekundärluftzufuhr in einem Bereich der Abgasleitung od. dgl..

j

08.11.01.

Bezugszeichenliste

- 1 Folie
- 2 Struktur
- 5 3 Axiale Richtung
- 4 Erhebung
- 5 Senke
- 6 Schaufel
- 7 Durchlass
- 10 8 Schaufeleintritt
- 9 Schaufelaustritt
- 10 Winkel
- 11 Querrichtung
- 12 Schaufelhöhe
- 15 13 Strukturhöhe
- 14 Kragen
- 15 Kragentiefe
- 16 Leitfläche
- 17 Erstreckung
- 20 18 Schaufelwinkel
- 19 Durchbruch
- 20 Strukturweite
- 21 Stirnfläche
- 22 Abstand
- 25 23 Versatz
- 24 Foliendicke
- 25 Filterkörper
- 26 Verbrennungskraftmaschinen
- 27 Filterlage

- 28 Kanal
- 29 Filterlagendicke
- 30 Fasermaterial
- 31 Faserdurchmesser
- 5 32 Wabenkörper
- 33 Gehäuse
- 34 Volumen
- 35 Länge
- 36 Durchmesser
- 10 37 Radiale Richtung
- 38 Hubraumvolumen
- 39 Strömungsrichtung
- 40 Partikel
- 41 Sekundärströmung
- 15 42 Brennraum
- 43 Turbolader
- 44 Zuführ
- 45 Oxidationskatalysator
- 46 Konverter
- 20 47 Zone
- 48 Abgasleitung

Patentsprüche

1. Filterkörper (25) zur Reinigung von Abgasen einer Verbrennungskraftmaschine (26) umfassend mindestens eine Filterlage (27) und mindestens eine Folie (1), welche so angeordnet sind, dass für das Abgas durchströmbar Kanäle (28) gebildet sind, wobei die Folie (1) mit einer Struktur (2) versehen ist, die eine Strukturhöhe (13) und sich zumindest teilweise in eine axiale Richtung (3) erstreckende Erhebungen (4) und Senken (5) hat, und die Folie (1) weiter eine Mehrzahl Schaufeln (6) mit einer Schaufelhöhe (12) aufweist, welche jeweils einen Durchlass (7) mit einem Schaufeleintritt (8) und einem Schaufelaustritt (9) bilden, wobei der Schaufeleintritt (8) und der Schaufelaustritt (9) in einem Winkel (10) zueinander angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schaufelhöhe (12) zwischen 100 % und 60 % der Strukturhöhe (13) beträgt, wobei eine Strömungsfreiheit von mindestens 20 % gewährleistet ist.
2. Filterkörper (25) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufeln (6) in wenigstens einer Mehrzahl der Erhebungen (4) und in wenigstens einer Mehrzahl der Senken (5) so angeordnet sind, dass die in axialer Richtung (3) direkt benachbarten Schaufeln (6) zueinander in einer Querrichtung (11) versetzt sind.
3. Filterkörper (25) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Folie (1) so angeordnet ist, dass in radialer Richtung (37) jeweils eine auf einer Erhebung (4) angeordnete Schaufel (6) direkt benachbart zu einer in einer Senke (5) angeordneten Schaufel (6) angeordnet ist.

4. Filterkörper (25) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die in einer Querrichtung (11) zueinander versetzten Schaufeln (6) einen Versatz (23) von 2 bis 5 mm aufweisen.
5. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schaufeleintritt (8) im wesentlichen senkrecht zu der axialen Richtung (3) angeordnet ist.
6. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle Schaufeln (6) so angeordnet sind, dass der Strömungseintritt (8) in axialer Richtung (3) gesehen vor dem Strömungsaustritt (9) angeordnet ist.
7. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufel (6) einen Kragen (14) hat, der bevorzugt mit einer Kragengröße (15) von 0,5 mm bis 5 mm ausgeführt ist.
8. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaufel (6) eine Leitfläche (16) hat, die bevorzugt eine Erstreckung (17) in axialer Richtung (3) von 1,5 mm bis 10 mm aufweist.
9. Filterkörper (25) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitfläche (16) der Schaufel (6) mit der axialen Richtung (3) einen Schaufelwinkel (18) einschließt, der bevorzugt in einem Bereich von 15° bis 30° liegt.
10. Filterkörper (25) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitfläche (16) mindestens einen zusätzlichen Durchbruch (19) aufweist, der bevorzugt kleiner als der Schaufeleintritt (8) und/oder der Schaufelaustritt (9) ausgeführt ist.

11. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (2) eine Strukturweite (20) und eine Strukturhöhe (13) hat, wobei das Verhältnis von Strukturweite (20) zu Strukturhöhe (13) in einem Bereich zwischen 1 und 3 liegt.
5
12. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in axialer Richtung (3) mindestens 4, insbesondere mindestens 6 Schaufeln (6) hintereinander angeordnet sind, wobei diese vorzugsweise einem Abstand (22) zueinander von 5 bis 30 mm haben.
10
13. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Folie (1) eine Foliendicke (24) kleiner 0,06 mm aufweist und bevorzugt aus einem korrosions- und hitzebeständigen Material, insbesondere Metall, ist.
15
14. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Filterlage (27) eine mittlere Porosität zwischen 50 % und 95 % hat, insbesondere zwischen 75 % und 90 %.
20
15. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterlage (27) eine Filterlagendicke (29) von 0,2 mm bis 1,5 mm hat, wobei diese bevorzugt aus einem Fasermaterial (30) mit einem mittleren Faserdurchmesser (31) von 5 µm bis 20 µm besteht.
25
16. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Filterlage (27) und die mindestens eine Folie (1) so gestapelt und/oder gewickelt angeordnet sind, dass ein Waben-

körper (32) gebildet ist, und dieser Wabenkörper (32) zumindest teilweise von einem Gehäuse (33) umgeben ist.

17. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Filterkörper ein Volumen (34) hat, welches im Bereich von 0,01 l bis 1 l liegt, insbesondere kleiner als ein Hubraumvolumen (38) der Verbrennungskraftmaschine (26) ausgeführt ist.
18. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Filterkörper (25) eine Länge (35) und einen Durchmesser (36) hat, wobei das Verhältnis aus Länge (35) zu Durchmesser (36) zwischen 0,5 und 2,5 beträgt.
19. Filterkörper (25) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Filterkörper (25) eine Kanaldichte aufweist, die zwischen 50 und 500 cpsi beträgt.

11.01.02
1/5

FIG. 1

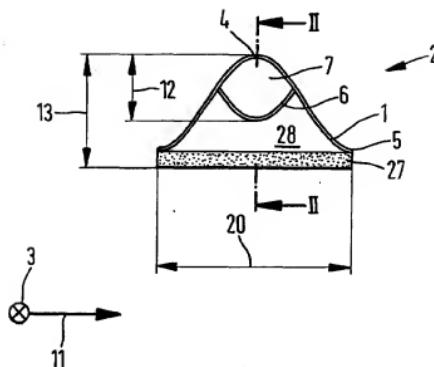
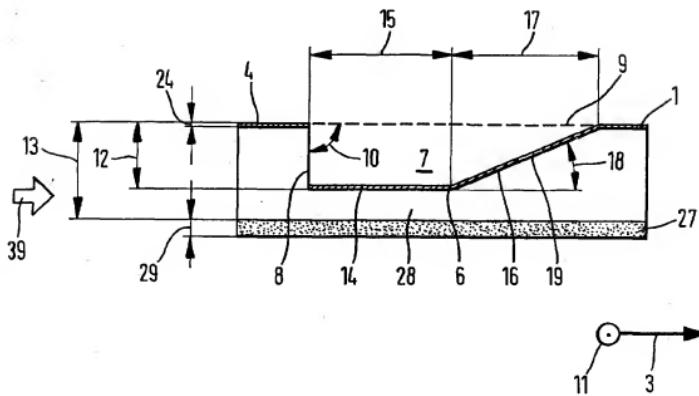


FIG. 2



11-01-02
2/5

FIG.3

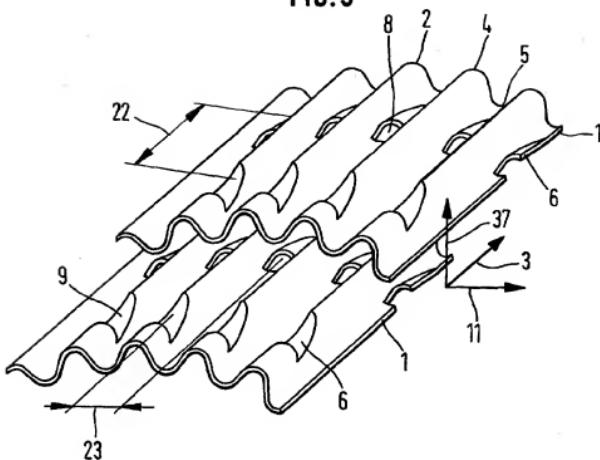
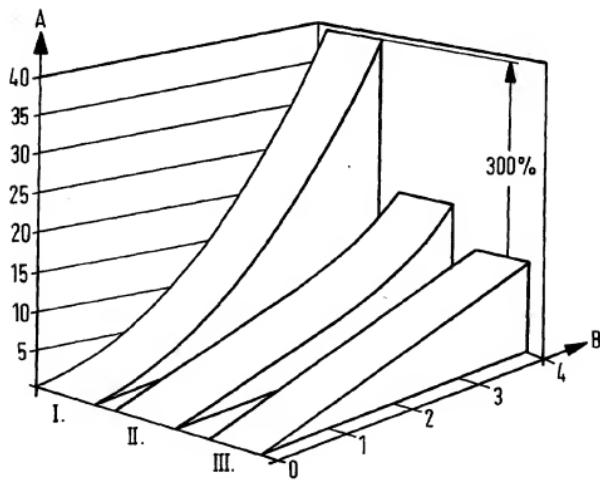


FIG.4



11-01-02
3/5

FIG.5

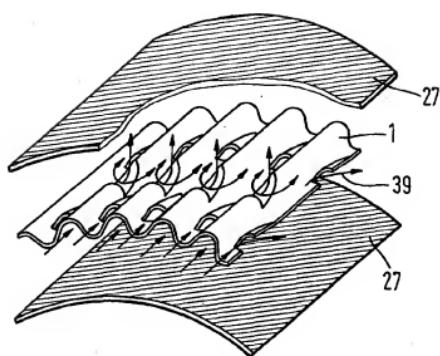
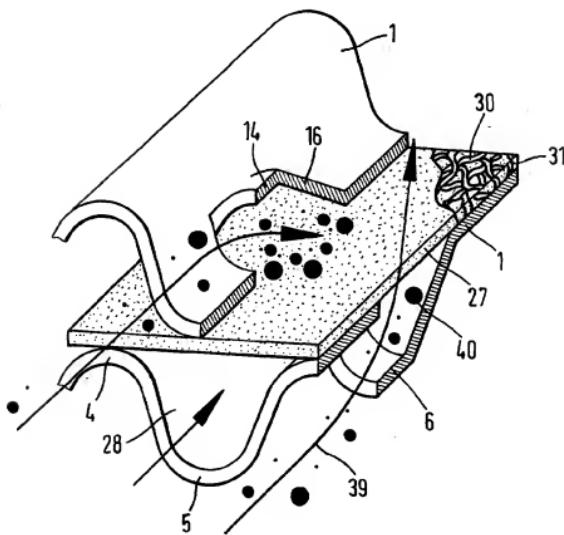


FIG.6



21-01-02

475
FIG.7

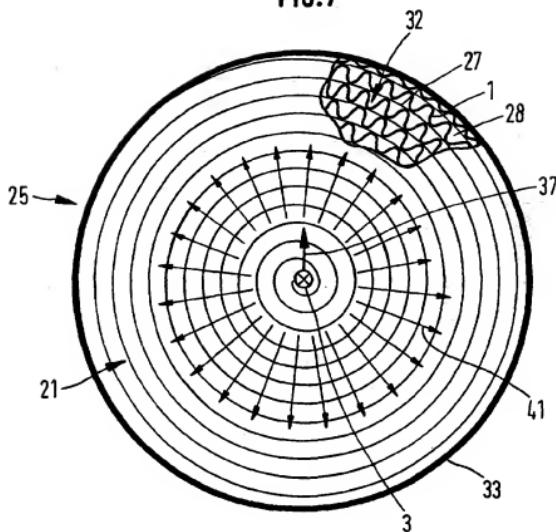
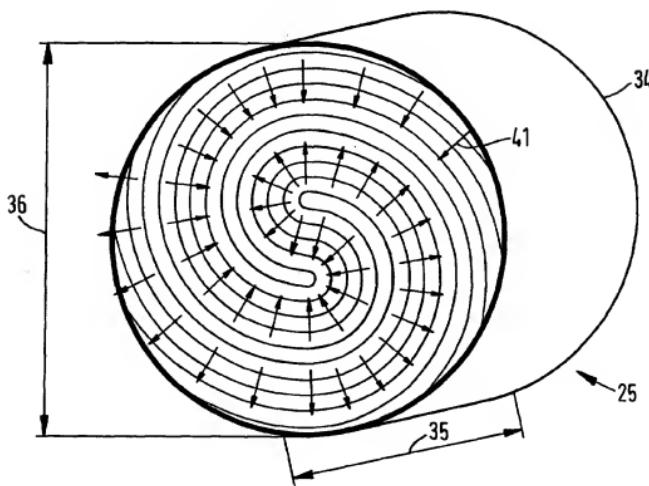


FIG.8



11-01-02
5/5

FIG. 9

